

(translation of the front page of the priority document of
Japanese Patent Application No. 2000-359969)



PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this Office.

Date of Application: November 27, 2000

Application Number : Patent Application 2000-359969

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

RECEIVED
JUL 05 2002
GROUP 3600

December 21, 2001
Commissioner,
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-31105

RECEIVED
APR 25 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

RECEIVED
MAR -1 2002
TC 2800 MAIL ROOM

CFM 2445 VS

U.S. Appln. No. 09/990,350



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年11月27日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-359969

出 願 人
Applicant(s):

キヤノン株式会社

RECEIVED
JUL 05 2002
GROUP 3600

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED
MAR - 1 2002
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED
APR 25 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年12月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 4185057

【提出日】 平成12年11月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F16F 15/02
G03F 7/20

【発明の名称】 能動制振装置およびその制御方法

【請求項の数】 17

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社
内

【氏名】 間山 武彦

【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代理人】
【識別番号】 100086287
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊東 哲也

【選任した代理人】
【識別番号】 100103931
【弁理士】
【氏名又は名称】 関口 鶴彦

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002048
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1

特2000-359969

【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 能動制振装置およびその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 機器に悪影響を及ぼす振動を低減する制振ユニットであって

制振対象物に固定され、直線方向に推力を発生するアクチュエータと、

前記アクチュエータに接続され、前記制振対象物に対して相対的に直線方向に運動する慣性負荷と、

駆動指令信号に応じて前記アクチュエータを駆動する駆動回路とを有し、

前記アクチュエータが発生する推力により前記慣性負荷を直線方向に駆動する際に発生する駆動反力によって前記制振対象物に制御力を加える直動制振ユニットを備えたことを特徴とする能動制振装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の能動制振装置において、前記制振対象物の振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号を補償する補償演算手段とを備え、前記補償演算手段によって得られた信号に基づいて前記直動制振ユニットを駆動することにより、前記制振対象物の振動を低減し、

前記補償演算手段は、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して、非線形補償演算を施すものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の能動制振装置において、前記非線形補償演算は、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して非線形補償演算を施すものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 4】 請求項 2 または 3 に記載の能動制振装置において、前記非線形補償演算は、単調増加または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対してより絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従うものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 5】 駆動手段を備えた機器が制振対象物に搭載された場合、ある

いは該駆動手段を備えた機器と制振対象物とが高い剛性で締結された場合において、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号を入力として該信号に適切な補償演算処理を施す前向き補償演算手段を備え、該前向き補償演算手段の出力信号に基いて、前記直動制振ユニットを駆動することで前記制振対象物の振動を低減する機能を備えたことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の能動制振装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の能動制振装置において、該前向き補償演算手段は、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、非線形補償演算を施すものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の能動制振装置において、前記非線形補償演算は、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して非線形補償演算を施すものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 8】 請求項 6 または 7 に記載の能動制振装置において、前記非線形補償演算は、単調増加、または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対してより絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従うものであることを特徴とする能動制振装置。

【請求項 9】 前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して非線形補償演算を施して得た信号、または前記駆動手段を備えた機器の動作状態もしくはその制御手段からの信号に対して、非線形補償演算を施して得た信号、の少なくともいずれか一方の信号に基いて請求項 1 に記載の直動制振ユニットを制御することで、前記制振対象物の振動を低減することを特徴とする能動制振装置の制御方法。

【請求項 10】 請求項 1～8 のいずれかに記載の能動制振装置が、基板、もしくは原版を載置してその精密位置決め動作を行うステージ装置が搭載された定盤、または該定盤に搭載された構造物に作用して、該定盤または構造物の振動を低減することを特徴とする露光装置。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群を半導体製造工場に設置する工程と、該製造装置群を用いて複数のプロセ

スによって半導体デバイスを製造する工程とを有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項12】 前記製造装置群をローカルエリアネットワークで接続する工程と、前記ローカルエリアネットワークと前記半導体製造工場外の外部ネットワークとの間で、前記製造装置群の少なくとも1台に関する情報をデータ通信する工程とをさらに有することを特徴とする請求項11に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項13】 前記露光装置のベンダもしくはユーザが提供するデータベースに前記外部ネットワークを介してアクセスしてデータ通信によって前記製造装置の保守情報を得る、もしくは前記半導体製造工場とは別の半導体製造工場との間で前記外部ネットワークを介してデータ通信して生産管理を行うことを特徴とする請求項12に記載の半導体デバイス製造方法。

【請求項14】 請求項10に記載の露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群と、該製造装置群を接続するローカルエリアネットワークと、該ローカルエリアネットワークから工場外の外部ネットワークにアクセス可能にするゲートウェイを有し、前記製造装置群の少なくとも1台に関する情報をデータ通信することを可能にしたことを特徴とする半導体製造工場。

【請求項15】 半導体製造工場に設置された請求項10に記載の露光装置の保守方法であって、前記露光装置のベンダもしくはユーザが、半導体製造工場の外部ネットワークに接続された保守データベースを提供する工程と、前記半導体製造工場内から前記外部ネットワークを介して前記保守データベースへのアクセスを許可する工程と、前記保守データベースに蓄積される保守情報を前記外部ネットワークを介して半導体製造工場側に送信する工程とを有することを特徴とする露光装置の保守方法。

【請求項16】 請求項10に記載の露光装置において、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、ネットワーク用ソフトウェアを実行するコンピュータとをさらに有し、露光装置の保守情報をコンピュータネットワークを介してデータ通信することを可能にしたことを特徴とする露光装置。

【請求項17】 前記ネットワーク用ソフトウェアは、前記露光装置が設置

された工場の外部ネットワークに接続され前記露光装置のベンダもしくはユーザが提供する保守データベースにアクセスするためのユーザインタフェースを前記ディスプレイ上に提供し、前記外部ネットワークを介して該データベースから情報を得ることを可能にすることを特徴とする請求項 1 6 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体露光装置などの精密機器において、除振台や、それに搭載される装置、構造物に発生する剛体振動、構造共振などの振動を、安定、かつ迅速に制振する精密機器等用の能動制振装置およびその制御方法等に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体露光装置等の精密機器の高精度化に伴い、より高性能な除振・制振装置が求められている。特に半導体露光装置においては、露光に悪影響を及ぼす振動が露光用ステージに発生しないように、床などの装置設置基礎からの振動をはじめとする外部からの振動を極力除去・絶縁するとともに、除振台に搭載された X Y ステージなどの駆動手段を有する機器の動作によって発生する振動を速やかに低減する必要がある。また、除振台上に搭載された装置・機器に構造的な共振振動があり、その減衰が十分に確保されていない場合、この共振振動が除振台に搭載された精密機器に悪影響を及ぼす。そのため、これらの共振振動をも効果的に低減する必要性が高まっている。

【0003】

特に半導体露光装置では、露光用 X Y ステージのステップ・アンド・リピートという間欠的な繰り返し動作、あるいはスキヤニング露光のためのスキャン動作が、除振台や搭載機器、構造物の振動を励起する。X Y ステージの駆動反力、および X Y ステージの荷重移動が除振台や機器を励振してしまうのである。従ってこの分野における除振・制振装置には、床などの装置設置基礎からの振動をはじめとする外部振動から除振台を振動的に絶縁するとともに、除振台に搭載された機器の動作によって発生する除振台の振動や、除振台に搭載された機器の共振振

動を効果的に低減・抑制することが求められている。特にスキャン露光装置では、露光用ステージがスキャン動作をしている状態で露光を行うため、振動の低減・抑制性能への要求は厳しく、一段と高性能な除振・制振装置が不可欠となっている。

【0004】

このような要求に対しては、除振台の振動をセンサで検出し、その検出信号を補償して、除振台に制御力を加えるアクチュエータにフィードバックすることにより、能動的に除振台の振動制御を行う各種の能動除振・制振装置が開発され、実用化されている。

【0005】

こうした精密機器用の除振・制振装置としては、従来から除振台を防振支持する支持機構を用いて、除振台の振動を低減・抑制する除振脚式の能動除振装置が広く用いられてきた。つまり、除振台を装置設置基礎上で支持する空気ばね、あるいは、そのような空気ばねと力学的に並列に配置され、除振台と装置設置基礎の間に力を作用させる電磁アクチュエータなどをアクチュエータとして用いて除振台の振動を制御する装置が、精密除振装置として広く用いられてきた。

【0006】

しかし、こうした除振脚式の能動除振装置よりもさらにキメの細かい振動制御を行うことで、より高度な除振・制振性能を実現するために、錘となる慣性負荷をアクチュエータで駆動し、その駆動反力を制御力として利用するアクティブ・マス・ダンパ、あるいはカウンタマスなどと呼ばれる能動制振装置が、精密振動制御の分野でも適用されつつある。

【0007】

図9は、特願平11-151141号に係る「能動制振装置及びこれを用いた半導体露光装置」として開示されている制振装置の構造を説明するための斜視図である。この制振装置は、直線方向に推力を発生するアクチュエータを用いて、錘となる質量を直線方向に駆動する構造を有しており、図9に示す装置は鉛直方向の振動を制振する装置である。

【0008】

これは、電磁駆動のリニアモータなどをはじめとする直動アクチュエータ 8 1、直動アクチュエータ 8 1 によって、直線方向に駆動される慣性負荷 8 2 などからなる。図 9 では、直動アクチュエータとして、コイル巻線を有する固定子 8 1 a と、慣性負荷 8 2 に固定され、永久磁石を備えた可動子 8 1 b との相互作用によって、図示矢印の直線方向の推力を発生する電磁駆動のリニアモータを用いた例を示す。直動アクチュエータ 8 1 は、ベース部材 8 3 を介して制振対象物に締結され、慣性負荷 8 2 を制振対象物に対して変位させるように推力を発生する。慣性負荷 8 2 を変位させるために直動アクチュエータ 8 1 に推力を発生させると、慣性負荷 8 2 に作用する推力の反作用力が制振対象物に作用する。

【 0 0 0 9 】

また、図 1 0 には、これと同様の手法で水平方向の振動を低減するように作用する制振装置の構造を例示する。図 9 の装置同様、電磁駆動のリニアモータなどの直動アクチュエータ 8 4、直動アクチュエータ 8 4 によって直線方向に駆動される慣性負荷 8 5 などからなる。図 1 0 では、直動アクチュエータとして、コイル巻線を配置した固定子 8 4 a と、慣性負荷 8 5 に固定され、永久磁石を備えた可動子 8 4 b との相互作用によって、図示矢印の直線方向の推力を発生する電磁駆動のリニアモータを用いた例を示す。直動アクチュエータ 8 4 は、ベース部材 8 6 を介して制振対象物に締結され、慣性負荷 8 5 を制振対象物に対して変位させるように推力を発生する。慣性負荷 8 5 を変位させるために直動アクチュエータ 8 4 に推力を発生させると、慣性負荷 8 5 に作用する推力の反作用力が制振対象物に作用する。

【 0 0 1 0 】

この種の能動制振装置は、これらの反作用力を制振対象物への制御力として利用し、制振対象物の振動の検出信号を補償して得た信号などに基いてこの制御力を調整することで、振動制御を行う。つまり、除振脚式の能動除振装置などのように、振動制御のための制御力の反作用として、装置の外部に不要な力を作用してしまうことなく、除振台や機器などの振動を低減することができる。そのために、振動を低減・抑制するための力の反作用によって、除振台上に搭載された精密機器へ悪影響を及ぼす振動の原因となる、装置設置基礎や周辺環境の振動を励

振しないというメリットがある。

【 0 0 1 1 】

また、この種の装置は、制振対象物への作用力を、外部機器と制振対象物の相互間で発生させるのではなく、制振ユニット内の慣性負荷の駆動反力によって得る構造である。従って、制振装置を適切な形状に製作することができれば、機器の構造的な共振振動の低減のために用いられてきたダッシュポットや、剛性確保のための補強部材が取り付けられないような場所にも、該制振装置を適用して振動低減効果を得ることができる。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、直動アクチュエータを用いて制振対象物に加える制御力を得るこの種の能動制振装置を実際に適用する場合には、振動低減に必要な制御力や、抑制すべき振動の周波数帯域などを考慮して、慣性負荷や可動ストロークを適切に設計する必要がある。

【 0 0 1 3 】

例えば、さきに図 9 や図 1 0 を用いて説明したタイプの能動制振装置を用いて、XY ステージのような機器の駆動反力に起因して発生する制振対象物の振動を低減しようとした場合、制振動作に必要な制御力を得るためには、該 XY ステージと同等かそれに近い慣性負荷質量、ストロークを有する装置を用いる必要がある。しかし、許容される空間は有限であるため、所定の制振作用・効果を得るために十分な質量、ストロークを確保できない場合がある。

【 0 0 1 4 】

また、この種の能動制振装置で抑制しようとする振動が、比較的高い周波数に共振周波数を有する構造物の共振振動であり、それ自体の制振動作には大きな質量やストロークを必要としない場合でも、制振対象物と剛に締結された定盤などの上で、XY ステージなどの機器が動作すると、XY ステージなどを搭載する除振台が、その支持脚とからなる振動系の固有振動数相当の低い周波数で振動し、それによって制振対象物である構造物も低周波数で振動する。このような場合、除振台や制振対象の構造物に発生する低周波数振動の影響を受けて、能動制振装

置に構成されている慣性負荷が大きく揺らされ、ストロークオーバを発生することがある。

【0015】

こうした、制振装置の構造に対する仕様上の制約や、対象としていない周波数成分の振動発生などによって、慣性負荷がストロークオーバすると、十分な制振効果が得られないばかりか、慣性負荷がストローク範囲から逸脱しないように設けられたストッパなどの部材に慣性負荷が衝突して、制振制御系に大きな衝撃が加わり、制御動作が破綻する場合もある。一方、ストロークオーバによる不具合を回避すべく、制御ゲインを抑制してしまうと、必要とする制御効果が確保できないことになる。

【0016】

本発明は、直動アクチュエータを用いた能動制振装置における、こうした問題点を解決するためのものであり、慣性負荷の動作ストロークや質量などに対する制約が大きい場合においても、振動抑制効果と、大振動発生時の安定動作とを両立させ、制約条件下で最大限の制振性能を得ることができる能動制振装置およびその制御方法を提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明は、以下に詳述する能動制振装置を提供する。

すなわち、本発明に係る能動制振装置は、機器に悪影響を及ぼす振動を低減する制振ユニットであって、制振対象物に固定され、直線方向に推力を発生するアクチュエータと、前記アクチュエータに接続され、前記制振対象物に対して相対的に直線方向に運動する慣性負荷と、駆動指令信号に応じて前記アクチュエータを駆動する駆動回路とを有し、前記アクチュエータが発生する推力により前記慣性負荷を直線方向に駆動する際に発生する駆動反力によって前記制振対象物に制御力を加える直動制振ユニットを備えたことを特徴とする。前記機器としては半導体露光装置などの精密機器が適している。

【0018】

この能動制振装置は、前記制振対象物の振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号を補償する補償演算手段とを備え、前記補償演算手段によって得られた信号に基いて前記直動制振ユニットを駆動することにより、前記制振対象物の振動を低減するものであることが望ましく、その場合、前記補償演算手段には、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して、非線形補償演算を施すものを適用することができる。

【 0 0 1 9 】

この際、前記非線形補償演算は、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して、非線形補償演算を施すものであってもよい。

【 0 0 2 0 】

また、前記非線形補償演算には、単調増加、または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対してより絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従った演算処理を適用することができる。

【 0 0 2 1 】

さらに、XYステージなどの駆動手段を備えた機器が制振対象物に搭載された場合、あるいは該駆動手段を備えた機器と制振対象物とが高い剛性で締結された場合において、この駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号を入力として、該信号に適切な補償演算処理を施す前向き補償演算手段を備え、該前向き補償演算手段の出力信号に基いて、前記直動制振ユニットを駆動することで、前記制振対象物の振動を低減する制御系を併せて機能させることもできる。

【 0 0 2 2 】

この場合、該前向き補償演算手段は、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、非線形補償演算を施すものであってもよい。

【 0 0 2 3 】

また、その場合には、前記非線形補償演算は、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して、非線形補償演算を施すものであってもよい。

【 0 0 2 4 】

また、これらの非線形補償演算は、単調増加、または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対してより絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従った演算処理を利用したものであってもよい。

【 0 0 2 5 】

また、場合によっては、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して非線形補償演算を施して得た信号、または前記駆動手段を備えた機器の動作状態もしくはその制御手段からの信号に対して、非線形補償演算を施して得た信号、の少なくともいずれか一方の信号に基いて前記直動制振ユニットを制御することで、前記制振対象物の振動を低減してもよい。

【 0 0 2 6 】

さらに、以上に説明したいずれかの能動制振装置が、基板（シリコンウエハ等）、もしくは原版（レチクル等）を載置してその精密位置決め動作を行うステージ装置が搭載された定盤、または該定盤に搭載された構造物に作用して、該定盤または構造物の振動を低減するように機能する半導体等の露光装置も、本発明の範囲に含まれる。

【 0 0 2 7 】

また、本発明は、前記露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群を半導体製造工場に設置する工程と、該製造装置群を用いて複数のプロセスによって半導体デバイスを製造する工程とを有する半導体デバイス製造方法にも適用でき、この場合、前記製造装置群をローカルエリアネットワークで接続する工程と、前記ローカルエリアネットワークと前記半導体製造工場外の外部ネットワークとの間で、前記製造装置群の少なくとも 1 台に関する情報をデータ通信する工程とをさらに有していてもよく、露光装置を含む各種プロセス用の製造装置群と、該製造装

置群を接続するローカルエリアネットワークと、該ローカルエリアネットワークから工場外の外部ネットワークにアクセス可能にするゲートウェイを有し、前記製造装置群の少なくとも1台に関する情報をデータ通信することを可能にしたことを特徴とする半導体製造工場にも適用可能である。

【0028】

また、本発明は、半導体製造工場に設置された前記露光装置の保守方法であって、前記露光装置のベンダもしくはユーザが、半導体製造工場の外部ネットワークに接続された保守データベースを提供する工程と、前記半導体製造工場内から前記外部ネットワークを介して前記保守データベースへのアクセスを許可する工程と、前記保守データベースに蓄積される保守情報を前記外部ネットワークを介して半導体製造工場側に送信する工程とを有する露光装置の保守方法にも適用可能である。

【0029】

また、本発明は、露光装置において、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、ネットワーク用ソフトウェアを実行するコンピュータとをさらに有し、露光装置の保守情報をコンピュータネットワークを介してデータ通信することを可能にした露光装置にも適用可能であり、この場合、前記ネットワーク用ソフトウェアは、前記露光装置が設置された工場の外部ネットワークに接続され前記露光装置のベンダもしくはユーザが提供する保守データベースにアクセスするためのユーザインタフェースを前記ディスプレイ上に提供し、前記外部ネットワークを介して該データベースから情報を得ることを可能にすることが好ましい。

【0030】

【作用】

本発明に係る能動制振装置は、制振対象物に固定され、直線方向に推力を発生するアクチュエータを用いて、前記制振対象物に対して相対的に直線方向に慣性負荷を駆動する際に発生する駆動反力により、前記制振対象物に制御力を加える構造の直動制振ユニットを用いて、半導体露光装置などの精密機器に悪影響を及ぼす振動を低減する。前記アクチュエータは、駆動指令信号に応じて該アクチュエータを駆動する駆動回路によって駆動される。

【0031】

この能動制振装置は、振動検出手段を用いて前記制振対象物の振動を検出し、補償演算手段にて前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して非線形補償演算を含む演算処理を施し、その出力として得られた信号に基いて前記直動制振ユニットを駆動して、前記制振対象物の振動を低減するように動作させることが望ましい。

【0032】

その際の非線形補償演算は、前記振動検出手段で検出された前記制振対象物の振動に相当する信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して、非線形補償演算を施すようにしてもよい。

【0033】

また、これらの非線形補償演算には、単調増加、または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対してより絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従った演算処理を適用することができる。

【0034】

また、XYステージなどの駆動手段を備えた機器が制振対象物に搭載された場合、あるいは該駆動手段を備えた機器と制振対象物とが高い剛性で締結された場合において、前向き補償演算手段にて、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、適切な補償演算処理を施し、その出力信号に基いて、前記制振ユニットを駆動する動作を、さきに説明した制御動作と併せて行うことが望ましい。

【0035】

その際、前向き補償演算手段では、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、非線形補償演算を施してもよい。

【0036】

その場合、非線形補償演算は、前記駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して、比例補償、積分補償、微分補償などの線形補償演算を施し、さらにその信号に対して、非線形補償演算を施すようにしてもよ

い。

【0037】

前向き補償演算手段における非線形補償演算にも、単調増加、または単調減少であり、かつその入力信号の中立点から離れるほど該入力信号に対して、より絶対値の小さいゲインを乗じた信号を出力する非線形関数に従った演算処理を適用することができる。

【0038】

さらに、上記いずれかの能動制振装置を、半導体露光装置における基板であるシリコンウエハ、もしくは原版であるレチクルを載置してその精密位置決め動作を行うステージ装置が搭載された定盤、または該定盤に搭載された構造物に対して作用させ、該定盤または構造物の振動を低減する動作も本発明に含まれる。

【0039】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）

本発明の第1の実施形態では、精密機器搭載用除振台や除振台の搭載物に発生する、半導体露光装置などの精密機器に悪影響を及ぼす、有害な振動を低減する以下の能動制振装置について説明する。

【0040】

図1は本発明の第1の実施形態に係る能動制振装置の構成を表す図である。本実施形態に係る能動制振装置は、制振対象物を、空気ばねなどの支持機構2により防振支持された除振台1とした場合の例である。半導体露光装置においては、除振装置により防振支持された露光装置本体や、基板（シリコンウエハ等）、もしくは原版（レチクル等）を載置してその精密位置決め動作を行なうステージ装置を搭載する除振台などが、この実施形態と同等の対象となる。以下、本実施形態について、図1を用いて説明する。

【0041】

本実施形態に係る能動制振装置は、ここでの制振対象物である除振台1に制御力を加える直動制振ユニット50、制振対象物である除振台1の振動を検出する振動検出手段3、振動検出手段3の出力信号に基き、制振対象物の振動に相当す

る信号に適切な補償演算を施す補償演算手段4、および除振台1上に搭載されたXYステージなどの機器の動作状態、またはその制御手段からの信号に対して補償演算を施す前向き補償演算手段5などを備える。支持機構2としては、空気ばねやゴムなどをはじめとする弾性部材を用いた防振支持機構を用いることができる。また、支持機構2としては、除振台1の振動をセンサなどで検出し、その信号を補償して得た信号に基き、除振台1に制御力を加えるアクチュエータを用いて、その振動を低減するように制御する能動除振装置なども用いることができる。

【0042】

直動制振ユニット50は、制振対象物である除振台1に固定されており、図2に示すとおり、駆動信号に応じて推力を発生する直動アクチュエータ51、直動アクチュエータ51に接続され、除振台1に対して相対的に直線方向に運動する慣性負荷52、ベース部材53、慣性負荷52の動作範囲をある一定の範囲内に制限するストッパ54、直動アクチュエータ51の駆動回路55などを備える。駆動回路55は、直動アクチュエータ51、慣性負荷52などとは別にして、除振台1に搭載しない構成としてもよい。

【0043】

図3は直動アクチュエータ51、および慣性負荷52等を示す斜視図である。慣性負荷52は、同図ではその詳細構成を省略したりニアガイドなどで図示矢印Aの方向に運動可能な状態で支持され、直動アクチュエータ51が発生する推力によって、同矢印Aで示した直線方向に駆動される。直動アクチュエータ51は、固定子51aと可動子51bとからなり、固定子51aは除振台1に剛に締結されており、可動子51bは慣性負荷52が接続されて除振台1に対して直線方向に可動な構造になっている。

【0044】

直動アクチュエータ51には、例えば、図3に示す直動アクチュエータ51において、コイル巻線を固定子51aに、永久磁石を可動子51bにそれぞれ配置し、このコイル巻線に流れる電流と永久磁石による磁界との相互作用によって図示矢印Aの直線方向の推力を発生する、電磁駆動のリニアモータを好適に用いる

ことができる。このような電磁駆動のリニアモータは、駆動回路55を用いてコイル巻線に流れる電流を制御することで、その発生推力を容易に制御できる。

【0045】

もちろん、直動アクチュエータ51には、DCサーボモータなどの回転電磁アクチュエータと、そのトルクを直線方向の推力に変換して慣性負荷52を直線方向に運動させる送りネジ機構とからなるタイプのアクチュエータなど、これ以外の様々なタイプのアクチュエータも用いることができることはいうまでもない。

【0046】

このような直動アクチュエータ51は、ベース部材53を介して制振対象物である除振台1に固定され、慣性負荷52を制振対象物たる除振台1に対して変位させるように推力を発生する。慣性負荷52を変位させるために直動アクチュエータ51に推力を発生させると、慣性負荷52に作用する推力の反作用力が制振対象物に作用する。本実施形態に係る制振装置は、この反作用力を振動制御のための制御力として利用する。つまり、この制振装置は、慣性負荷52を駆動するために直動アクチュエータ51が発生する駆動力を調整することで、その反作用として制振対象物に加わる推力を制御する。

制振対象物、つまり、除振台1の振動を検出する振動検出手段3としては、加速度センサ、速度センサなどを用いることができる。

【0047】

次に、本実施形態に係る制振装置の動作について、図1を参照にして説明する。

本実施形態に係る装置は、振動検出手段3や補償演算手段4を用いて、制振対象物である除振台1の振動に相当する信号を補償した信号を直動制振ユニット50にフィードバックする制御動作、前向き補償演算手段5を用いて除振台1上に搭載されたXYステージなどの機器の動作状態、またはその制御手段からの情報を直動制振ユニット50にフィードフォワードする制御動作などを行う。

【0048】

まず、振動検出手段3、補償演算手段4などを用いたフィードバック制御動作を説明する。

フィードバック制御動作では、装置設置基礎からの振動伝達、あるいは除振台 1 上に搭載された X Y ステージなどの機器の動作によって発生する除振台 1 の振動を、除振台 1 に設置された振動検出手段 3 を用いて検出し、その検出信号に対して、補償演算手段 4 にて、適切に補償演算を施す。そして、その結果として得られた信号に基づいて、直動制振ユニット 5 0 を駆動し、除振台 1 の振動を低減・抑制する。

【 0 0 4 9 】

本実施形態に係る装置では、この補償演算手段 4 において実施する補償演算を、非線形演算によって行う。この非線形演算は、用途や目的に応じて様々なものを適用できることはいうまでもないが、ここでは、振動検出手段 3 で検出された制振対象物、つまり、除振台 1 の振動に相当する信号に対して、比例補償、積分補償などに代表される線形補償演算を施し、さらにその信号に対して、非線形補償演算を施す場合を例に挙げて説明を行う。

【 0 0 5 0 】

除振台 1 の振動を低減するために補償演算手段 4 で行う線形補償演算として、ここでは、除振台 1 とそれを防振支持する支持機構 2 からなる振動系の固有振動に、減衰特性を付与する場合を例として説明する。除振台 1 と支持機構 2 からなる振動系の固有振動に減衰特性を付与するためには、除振台 1 の振動速度に比例する制御力が除振台 1 に加えられるように演算を施せばよい。振動検出手段 3 として加速度センサ、直動制振ユニット 5 0 における直動アクチュエータ 5 1 として、応答性の高い電磁駆動モータなどを用いた場合には、補償演算手段 4 は、振動検出手段 3 で検出された除振台 1 の振動加速度に相当する信号に対して、積分補償演算を中心とした補償演算を行えばよい。電磁駆動モータは、通常、除振台 1 と支持機構 2 からなる振動系の固有振動数に比較して、十分高い周波数まで優れた応答特性を示すため、減衰特性を必要とする該固有振動数付近の周波数領域では、電磁駆動モータは駆動電流指令信号を受けて該信号にほぼ一致する推力を瞬時に発生できる。従って、振動検出手段 3 で検出される除振台 1 の加速度信号に対し、補償演算手段 4 では、積分補償を施して速度に比例する信号が得られればよい。同様の考え方に従えば、振動検出手段 3 として速度センサを用いた場合

、補償演算手段4は、比例補償演算を行えばよいことはいうまでもない。

【0051】

なお、ここでは、補償演算手段4における線形補償演算を、除振台1と支持機構2とからなる振動系の固有振動に減衰特性を付与する場合を例にして説明したが、加速度や速度などの振動に関する信号を適宜複合して利用したり、積分補償や比例補償の他、微分補償、位相進み補償、位相遅れ補償などの、それ以外の線形補償演算を適用、または、併用して、除振台1の振動を適切な状態に制御するものであってもよい。

【0052】

本実施形態で説明する能動制振装置では、このようにして得られた線形補償演算の結果に対して、さらに非線形演算を施す。ここでは、図4に示すような入出力特性を有する非線形演算を、さきの線形補償演算の結果に対して施し、その演算結果を用いて、直動制振ユニット50を制御する。図4に示した非線形演算は、単調増加の非線形関数であって、その入力信号の中立点から離れるほど入力信号に対して、より小さいゲインを乗じた信号を出力する関数の一例であり、入力を x 、出力を y として記述した場合、次式で表わされるものである。

【0053】

【数1】

$$y = K_1 \left(\frac{1}{1 + \exp(-K_2 x)} - 0.5 \right)$$

ここで、 K_1 、 K_2 は定数であり、 K_2 は正の定数である。

これは、入力を x 、出力を y として記述した場合、一般的に、以下の式で表される、シグモイド関数と呼ばれる非線形関数を利用したものである。

【0054】

【数2】

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-x)}$$

【0055】

なお、図 4 に示した入出力特性は、 K_1 を正の定数とした、単調増加の非線形関数に従うものであるが、場合によっては、 K_1 を負の定数とした単調減少の非線形関数に従う非線形演算を適用することも、もちろん、可能である。

【 0 0 5 6 】

数 1 で表される関数は、入力 x の絶対値が大きくなるに従って、出力 y / 入力 x の比率の絶対値が小さくなる。例えば、 $K_1 = 1$ 、 $K_2 = 1$ とした場合、 $x = 1$ においては、 $y / x = 0.23$ であるが、 $x = 2$ においては、 $y / x = 0.19$ となる。つまり、大きな入力ほど、出力 y / 入力 x のゲインの絶対値が小さくなる入出力特性を有する。

【 0 0 5 7 】

このような非線形演算を適用した場合、さきに説明した線形補償演算の結果として得られる信号、つまり、非線形演算の入力が小さい場合は、図 7 に示す $y = K_3 x$ と同等の出力信号を発生するが、線形補償演算の結果として得られる信号が大きい場合は、 K_3 より絶対値の小さいゲイン K_4 に比例する線形関数 $y = K_4 x$ に近い出力信号を発生する。つまり、補償演算手段への入力信号レベルが大きい場合は、それが小さい場合に比較して、制御ゲインを抑制したのと同等の信号を出力するのである。

【 0 0 5 8 】

従って、本実施形態に係る装置は、慣性負荷 5 2 の動作範囲がストッパ 5 4 で制限されたストローク範囲に対して十分に余裕のある範囲では高い制御ゲインを確保し、大きな制御力が必要な範囲では、慣性負荷 5 2 がストロークオーバーしないよう、制御ゲインを下げるような補償演算結果を得ることができる。

【 0 0 5 9 】

図 5 には、以上において説明した補償演算手段 4 の演算ブロック図を示す。つまり、補償演算手段 4 は、積分補償演算などを行なう線形補償演算回路 4 a と、数 1 等の非線形補償演算を行なう非線形補償演算回路 4 b とを直列に接続した構成となっている。

【 0 0 6 0 】

本実施形態に係る能動制振装置のフィードバック制御動作は、このように、非

線形演算を含む補償演算を施す補償演算手段 4 で得られる信号に基き、直動制振ユニット 5 0 を制御することで実現する。なお、補償演算手段 4 で行なう非線形演算は、数 1 で示したものに限定されないし、ここで説明したように補償演算手段 4 を線形補償演算回路 4 a と非線形補償演算回路 4 b とから構成するのではなく、非線形補償演算回路 4 b だけから構成してもよいことはいうまでもない。

【 0 0 6 1 】

次に前向き補償演算手段 5 を用いたフィードフォワード制御動作を説明する。

前向き補償演算手段 5 は、除振台 1 上に搭載された X Y ステージなどの機器の動作状態などを示す信号に対して補償演算を施して、適切な振動制御を行うための信号を生成するためのものである。以下に、フィードフォワード制御動作を詳述する。

【 0 0 6 2 】

図 1 に示すように、除振台 1 に、X Y ステージ 4 5 などの駆動手段を備えた機器が搭載されているとする。この X Y ステージ 4 5 は電磁駆動リニアモータなどにより駆動される。この X Y ステージ 4 5 を駆動する電磁駆動リニアモータは、X Y ステージ制御手段 4 6 からの信号に基き、X Y ステージ駆動回路 4 7 を介して駆動される。

【 0 0 6 3 】

前向き補償演算手段 5 では、X Y ステージ制御手段 4 6 からの信号、または X Y ステージ 4 5 の駆動状態に関する信号に基き、X Y ステージ 4 5 の駆動反力によって発生する除振台 1 の振動を、直動制振ユニット 5 0 で効果的に低減・抑制すべく、適切な演算処理を施す。

【 0 0 6 4 】

この前向き補償演算は、基本的には、X Y ステージ 4 5 の駆動加速度、またはその駆動反力に比例する信号を基に、所望の制御帯域でそれに比例する制御力が除振台 1 に付与されるよう、前向き補償演算手段 5 でバンドパスフィルタなどで適切な補償演算を施すことによって実現できる。ただし、このフィードフォワード制御動作を実現する際に、慣性負荷 5 2 がストッパ 5 4 で制限されたストロークをオーバーする場合には、このような線形補償演算の結果に対して、さらに、数

1で表されるような非線形補償演算を施し、その結果として得られた信号に基づき、直動制振ユニット50を制御する。つまり、基本的には、XYステージ45の駆動加速度、またはその駆動反力に比例する信号に基づき、直動制振ユニット50を駆動し制御を行うが、その信号を直接利用すると、慣性負荷52のストロークオーバーが発生し、制御系の動作を損なったりするような場合には、安定かつ好適な制御動作を確保するために、該信号に対して、数1によるような非線形演算を施し、結果として得られた信号を用いて、直動制振ユニット50を駆動する。こうすることによって、本実施形態に係る制振装置は、慣性負荷52の動作範囲がストッパ54で制限された許容ストローク範囲に対して十分に余裕のある範囲では高い制御ゲインを確保し、大きな制御力が要求される範囲では、慣性負荷52がストロークオーバーしないよう、制御ゲインを下げるような補償演算結果を得ることができる。

【0065】

図6には、ここで説明した、非線形補償演算を含む前向き補償演算手段5の演算ブロック図を示す。つまり、前向き補償演算手段5は、比例補償演算などを行なう線形補償演算回路5aと、数1等の非線形演算を行なう非線形補償演算回路5bとを直列に接続した構成となっている。

【0066】

本実施形態に係る能動制振装置のフィードフォワード制御動作は、このような非線形演算を含む補償演算を施す前向き補償演算手段5で得られる信号に基づき、直動制振ユニット50を制御することで実現する。なお、前向き補償演算手段5で行なう非線形演算は、数1で示したものに限定されないし、ここで説明したように前向き補償演算手段5を線形補償演算回路5aと非線形補償演算回路5bとから構成するのではなく、非線形補償演算回路5bだけから構成してもよいことはいうまでもない。

【0067】

以上のように、本実施形態に係る装置は、振動検出手段3などを用いて、制振対象物である除振台1の振動を検出し、その検出信号を補償して直動制振ユニット50にフィードバックする制御動作、および前向き補償演算手段5を用いて、

除振台 1 上に搭載された機器の動作状態などの情報を直動制振ユニット 50 にフィードフォワードする制御動作、それぞれの動作における補償演算を非線形演算を含む演算処理により行えるようにしている。なお、ここでは、フィードバック制御動作、およびフィードフォワード制御動作を、それぞれ個別に説明したが、双方の補償演算結果を加算した信号に基いて、直動制振ユニット 50 を駆動することで、フィードバック制御動作、およびフィードフォワード制御動作、双方を同時に機能させてもよい。もちろん、フィードバック制御動作、およびフィードフォワード制御動作のいずれか一方のみで制御を行ってもよいことはいうまでもない。また、必要に応じ、フィードバック制御動作、フィードフォワード制御動作のうちのいずれか一方のみを非線形演算を含む補償演算処理に基づいて行なう構成としてもよい。

【0068】

従来、直動制振ユニット 50 と同種の装置を用いて、制振対象物の振動を低減・抑制しようとする装置は、さきに説明した線形補償演算のみの結果を用いて、制御を行なう構成としていた。

【0069】

しかし、直動制振ユニット 50 における慣性負荷 52 の動作ストロークは有限であるため、大きな振動が制振対象物に発生し、それを抑制するために大きな制御力を要求されるような場合などでは、慣性負荷 52 がこのストロークをオーバーして振動制御の機能を果たさないことがある。慣性負荷 52 が許容されるストロークをオーバーして動作した場合、慣性負荷 52 の動作範囲を制限するため設けられたストッパ 54 に慣性負荷 52 が衝突し、大きな衝撃振動が発生する。この衝撃振動が振動検出手段 3 で検出され、その補償信号が直動制振ユニット 50 にフィードバックされると、その衝撃振動に起因した大信号が直動制振ユニット 50 に入力されて、不安定な制御状態に陥る可能性がある。線形補償演算のみに頼る制御方式では、こうした慣性負荷 52 のストッパ 54 への衝突による不具合を回避するために、補償演算手段で行われる積分補償や比例補償などの線形補償演算のゲインをある程度下げざるを得ず、そのため制振装置の安定動作は確保されるが、制振効果も低減してしまうという問題があった。

【 0 0 7 0 】

これに対して、本実施形態で説明した装置では、さきに説明したような、非線形演算処理を含む補償演算を適用することにより、慣性負荷 5 2 の動作範囲がストッパ 5 4 で制限されたストロークの範囲に対して十分に余裕のある範囲内に収まる比較的小さな制御力で対処できる振動は、比較的高い制御ゲインによって制御できるため、良好な振動低減効果を得ることができ、一方、大きな振動が発生した場合は、相対的に低い制御ゲインで制御された場合と等価の動作をするため、直動制振ユニット 5 0 で発生する制御力は抑制され、慣性負荷 5 2 のストロークオーバを発生させることなく、安定に制振制御を行うことができる。

【 0 0 7 1 】

つまり、本実施形態に係る能動除振装置によれば、慣性負荷の動作ストロークや質量などに対する制約が大きい場合においても、振動抑制効果と大振動入力時の安定動作を両立させ、制約条件下で最大限の制振性能を得ることができるのである。

【 0 0 7 2 】

(第 2 の実施形態)

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態として説明する、除振台 1 に搭載された構造物 6 の振動を低減するための装置の構成例を示す図である。

【 0 0 7 3 】

第 1 の実施形態では、制振対象物を除振台 1 とした場合を例にして、本発明に係る装置を詳細に説明した。ここでは、第 2 の実施形態として、除振台 1 に比較的高い剛性で締結された構造物 6 に発生する局所的な共振振動を、本発明に係る能動制振装置で低減・抑制する例を示す。本実施形態における制振対象物は、除振台 1 と支持機構 2 とからなる振動系の固有振動ではなく、除振台 1 上に搭載され、除振台 1 に比較的高い剛性で締結された構造物 6 の構造的な共振振動である。半導体露光装置においては、除振台上に搭載された、光学系、計測系などを支持する構造体が、この構造物 6 に相当する。

【 0 0 7 4 】

本実施形態が装置の構成上、第 1 の実施形態と異なる点は、直動制振ユニット

50と振動検出手段3が除振台1ではなく、除振台1に締結された構造物6に取付けられていることである。本実施形態は、振動検出手段3が、ここでの制振対象物である構造物6の振動を検出する点、直動制振ユニット50が構造物6に対して制御力を加える点が、第1の実施形態と異なる点であり、それ以外は、構成要素、動作とも第1の実施形態に係る装置と、基本的には同じである。ただし、本実施形態に係る補償演算手段4、および前向き補償演算手段5の動作は、第1の実施形態の場合と若干異なるので、この点についてのみ、以下に説明を加えておく。

【0075】

まず、本実施形態に係る補償演算手段4について説明する。

第1の実施形態で制振対象物とした、除振台1と支持機構2からなる振動系は、通常、10Hz以下の比較的低い固有振動数を有するが、ここで制振対象物としている構造物6は、通常、数十Hz以上の周波数で構造的に共振する。そのため、構造物6の共振振動を低減・抑制するために直動制振ユニット50に要求される制御力には、第1の実施形態の場合に比較して高い周波数成分が含まれている。直動制振ユニット50の発生制御力は、慣性負荷52の駆動反力に比例する、つまり、慣性負荷52の動作加速度に比例する。一般的によく知られているように、同じ加速度で動作している場合でも、その動作周波数成分が高い場合は、動作変位量が小さくなる。そのため、構造物6の共振振動を低減・抑制するために必要な慣性負荷52の動作範囲は、第1の実施形態に比較して小さく、ストロークオーバーの可能性は小さくなる。従って、本実施形態に係る装置は、振動検出手段3の出力信号に対して、適切なフィルタ処理を施し、除振台1と支持機構2からなる振動系の比較的low周波数の固有振動成分をカットして構造物6の構造共振成分を抽出する、あるいは、受動的・能動的手段で慣性負荷52を所定中立位置に維持するための剛性を調整すれば、慣性負荷52の動作ストロークを小さく抑えつつも、構造物6の振動を効果的に低減・抑制できる。

【0076】

しかし、除振台1と支持機構2からなる振動系の固有振動数と、構造物6の共振周波数が比較的近い場合は、これらの処置によっても、除振台1と支持機構2

からなる振動系の固有振動の影響の除去は困難で、この低周波数成分が能動制振装置の制御系に入力され、慣性負荷 5 2 の動作ストロークを大きくしてしまう。

【 0 0 7 7 】

そこで、本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様、非線形演算を含む補償演算を行う。つまり、構造物 6 の振動速度に比例した制御力を構造物 6 にフィードバックするなどして、構造物 6 の共振振動に減衰を付与する際に、第 1 の実施形態で詳細に説明した、数 1 で表されるような非線形関数が併用される。つまり、本実施形態に係る装置は、振動検出手段 3 の検出信号に線形補償演算を施し、さらにその演算結果に数 1 に示すような非線形演算を施し、その結果として得られた信号を用いて、直動制振ユニット 5 0 を制御する。なお、構造物 6 の共振振動の低減・抑制を目的とした本実施形態では、除振台 1 と支持機構 2 とからなる振動系の低い周波数の固有振動の影響を極力回避するために、線形補償演算の前処理として、適切なフィルタ処理を施すことが望ましい。

【 0 0 7 8 】

このような制御を施すことにより、制振対象としていない振動成分によって、慣性負荷 5 2 が大きく揺らされるおそれのある場合においても、慣性負荷 5 2 の動作範囲がストッパ 5 4 で制限されたストロークの範囲に対して十分に余裕のある範囲内に収まる制御力で対処できる振動は、比較的高い制御ゲインにより良好な振動低減効果を確保し、大きな振動が発生した場合は、相対的に低い制御ゲインで制御された場合と等価の動作をすることで、慣性負荷 5 2 のストロークオーバを発生させることなく、安定に制振制御を行うことができる。つまり、制約条件下で最大限の制振性能を得ることができるのである。

前向き補償演算手段 5 についても、同様の考え方で制御できる。つまり、線形補償演算と非線形補償演算を併せて適用した補償演算を行うことができる。

【 0 0 7 9 】

ただし、本実施形態のように駆動手段を有する X Y ステージ 4 5 と、制振対象物である構造物 6 との締結が、振動的に十分に剛とみなせず、構造物 6 の共振振動が発生するような場合には、第 1 の実施形態のように、X Y ステージ 4 5 の駆動加速度、またはその駆動反力に比例する信号を基に、所望の制御帯域でそれに

比例する制御力が除振台 1 に付与されるような線形補償演算を施すのではなく、別の補償演算を行う必要がある。XY ステージ 4 5 と構造物 6 との間の機械剛性などを考慮に入れ、XY ステージ 4 5 の動作によって構造物 6 に発生する振動を、直動制振ユニット 5 0 によってキャンセルできるような信号を生成する補償を行う必要がある。本実施形態は、この点が、第 1 の実施形態と異なる点である。

【 0 0 8 0 】

なお、前向き補償演算手段 5 において非線形補償演算を行なうことより、慣性負荷 5 2 の許容ストロークという制約条件下で最大限の制振性能を得られるという点は、第 1 の実施形態と同様であり、この点は、本発明によって得られる大きなメリットである。

【 0 0 8 1 】

図 1 1 は、この種の構造物の共振振動を、補償演算手段 4 を用いたフィードバック制御動作で低減・抑制した場合のシミュレーション結果を例示しており、横軸に経過時間を取り、縦軸に、上の方の図では制振対象物の加速度を、下の方の図では慣性負荷の変位量を表している。図中 (I) で示した線が、本発明に係る非線形補償演算を含む補償演算結果に基く制御結果、(I I) で示した線が従来の線形補償演算のみに従って制御した結果である。ここでの非線形補償演算を含む補償演算は、(I I) で示したと同様の線形補償演算を施した信号に対して、数 1 で表される非線形関数による補償を施すものとしている。

【 0 0 8 2 】

この結果から明らかなように、非線形補償演算を適切に用いることにより、慣性負荷 5 2 の中立位置からの最大変位量を増大させることなく、制振対象物の振動をより迅速に低減できることがわかる。

【 0 0 8 3 】

以上のように、本発明に係る能動制振装置によれば、除振台に搭載された構造物の共振振動も安定かつ効果的に低減・抑制することができる。

【 0 0 8 4 】

(半導体生産システムの実施形態)

次に、本発明に係る制振装置を備える露光装置を用いた半導体デバイス (I C

やLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の生産システムの例を説明する。これは半導体製造工場に設置された製造装置のトラブル対応や定期メンテナンス、あるいはソフトウェア提供などの保守サービスを、製造工場外のコンピュータネットワークを利用して行うものである。

【0085】

図12は全体システムをある角度から切り出して表現したものである。図中、101は半導体デバイスの製造装置を提供するベンダ(装置供給メーカ)の事業所である。製造装置の実例としては、半導体製造工場で使用する各種プロセス用の半導体製造装置、例えば、前工程用機器(露光装置、レジスト処理装置、エッチング装置等)のリソグラフィ装置、熱処理装置、成膜装置、平坦化装置等)や後工程用機器(組立て装置、検査装置等)を想定している。事業所101内には、製造装置の保守データベースを提供するホスト管理システム108、複数の操作端末コンピュータ110、これらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク(LAN)109を備える。ホスト管理システム108は、LAN109を事業所の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイと、外部からのアクセスを制限するセキュリティ機能を備える。

【0086】

一方、102~104は、製造装置のユーザとしての半導体製造メーカの製造工場である。製造工場102~104は、互いに異なるメーカに属する工場であっても良いし、同一のメーカに属する工場(例えば、前工程用の工場、後工程用の工場等)であっても良い。各工場102~104内には、夫々、複数の製造装置106と、それらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク(LAN)111と、各製造装置106の稼動状況を監視する監視装置としてホスト管理システム107とが設けられている。各工場102~104に設けられたホスト管理システム107は、各工場内のLAN111を工場の外部ネットワークであるインターネット105に接続するためのゲートウェイを備える。これにより各工場のLAN111からインターネット105を介してベンダ1

01側のホスト管理システム108にアクセスが可能となり、ホスト管理システム108のセキュリティ機能によって限られたユーザだけにアクセスが許可となっている。具体的には、インターネット105を介して、各製造装置106の稼働状況を示すステータス情報（例えば、トラブルが発生した製造装置の症状）を工場側からベンダ側に通知する他、その通知に対応する応答情報（例えば、トラブルに対する対処方法を指示する情報、対処用のソフトウェアやデータ）や、最新のソフトウェア、ヘルプ情報などの保守情報をベンダ側から受け取ることができる。各工場102～104とベンダ101との間のデータ通信および各工場内のLAN111でのデータ通信には、インターネットで一般的に使用されている通信プロトコル（TCP/IP）が使用される。なお、工場外の外部ネットワークとしてインターネットを利用する代わりに、第三者からのアクセスができずにセキュリティの高い専用線ネットワーク（ISDNなど）を利用することもできる。また、ホスト管理システムはベンダが提供するものに限らずユーザがデータベースを構築して外部ネットワーク上に置き、ユーザの複数の工場から該データベースへのアクセスを許可するようにしてもよい。

【0087】

さて、図13は本実施形態の全体システムを図12とは別の角度から切り出して表現した概念図である。先の例ではそれぞれが製造装置を備えた複数のユーザ工場と、該製造装置のベンダの管理システムとを外部ネットワークで接続して、該外部ネットワークを介して各工場の生産管理や少なくとも1台の製造装置の情報をデータ通信するものであった。これに対し本例は、複数のベンダの製造装置を備えた工場と、該複数の製造装置のそれぞれのベンダの管理システムとを工場外の外部ネットワークで接続して、各製造装置の保守情報をデータ通信するものである。図中、201は製造装置ユーザ（半導体デバイス製造メーカ）の製造工場であり、工場の製造ラインには各種プロセスを行う製造装置、ここでは例として露光装置202、レジスト処理装置203、成膜処理装置204が導入されている。なお図13では製造工場201は1つだけ描いているが、実際は複数の工場が同様にネットワーク化されている。工場内の各装置はLAN206で接続されてイントラネットを構成し、ホスト管理システム205で製造ラインの稼働管

理がされている。

【0088】

一方、露光装置メーカ210、レジスト処理装置メーカ220、成膜装置メーカ230などベンダ（装置供給メーカ）の各事業所には、それぞれ供給した機器の遠隔保守を行うためのホスト管理システム211、221、231を備え、これらは上述したように保守データベースと外部ネットワークのゲートウェイを備える。ユーザの製造工場内の各装置を管理するホスト管理システム205と、各装置のベンダの管理システム211、221、231とは、外部ネットワーク200であるインターネットもしくは専用線ネットワークによって接続されている。このシステムにおいて、製造ラインの一連の製造機器の中のどれかにトラブルが起きると、製造ラインの稼働が休止してしまうが、トラブルが起きた機器のベンダからインターネット200を介した遠隔保守を受けることで迅速な対応が可能であり、製造ラインの休止を最小限に抑えることができる。

【0089】

半導体製造工場に設置された各製造装置はそれぞれ、ディスプレイと、ネットワークインタフェースと、記憶装置にストアされたネットワークアクセス用ソフトウェアならびに装置動作のソフトウェアを実行するコンピュータを備える。記憶装置としては内蔵メモリやハードディスク、あるいはネットワークファイルサーバーなどである。上記ネットワークアクセス用ソフトウェアは、専用又は汎用のウェブブラウザを含み、例えば図14に一例を示す様な画面のユーザインタフェースをディスプレイ上に提供する。各工場で製造装置を管理するオペレータは、画面を参照しながら、製造装置の機種401、シリアルナンバー402、トラブルの件名403、発生日404、緊急度405、症状406、対処法407、経過408等の情報を画面上の入力項目に入力する。入力された情報はインターネットを介して保守データベースに送信され、その結果の適切な保守情報が保守データベースから返信されディスプレイ上に提示される。またウェブブラウザが提供するユーザインタフェースはさらに図示のごとくハイパーリンク機能410～412を実現し、オペレータは各項目の更に詳細な情報にアクセスしたり、ベンダが提供するソフトウェアライブラリから製造装置に使用する最新バージョン

ンのソフトウェアを引出したり、工場のオペレータの参考に供する操作ガイド（ヘルプ情報）を引出したりすることができる。ここで、保守データベースが提供する保守情報には、上記説明した本発明に関する情報も含まれ、また前記ソフトウェアライブラリは本発明を実現するための最新のソフトウェアも提供する。

【 0 0 9 0 】

次に上記説明した生産システムを利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図 1 5 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組立て工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップ 7）する。前工程と後工程はそれぞれ専用の別の工場で行い、これらの工場毎に上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされる。また前工程工場と後工程工場との間でも、インターネットまたは専用線ネットワークを介して生産管理や装置保守のための情報がデータ通信される。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチ

ング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。各工程で使用する製造機器は上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされているので、トラブルを未然に防ぐと共に、もしトラブルが発生しても迅速な復旧が可能であり、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

【0092】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明に係る能動制振装置は、慣性負荷を駆動するときの反作用力を制御力として利用する制振ユニットを用いて、制振対象物の振動を低減・抑制する。つまり、装置の外部に不要な力を発生することなく、制振対象物の振動を低減するため、振動を低減・抑制するための力の反作用力によって、装置設置基礎や周辺環境の振動を励振しないというメリットがある。また、この装置は、制振対象物への作用力を、外部機器と制振対象物との間で発生させるのではなく、制振ユニット内の慣性負荷の駆動反力によって得る構造であるため、制振装置を適切な形状に製作することができれば、機器の構造共振の低減のために用いられてきたダッシュポットや、剛性確保のための補強部材などが取り付けられないような場所にも、該制振装置を適用して振動低減効果を得ることができる。

【0093】

その上、本発明に係る能動制振装置は、制振対象物の振動の検出信号や、制振対象物の加振源となるXYステージのような駆動手段を有する機器の動作状態、またはその制御手段からの信号を、非線形演算を含む演算処理により補償して、その結果として得られた信号に基き、直動制振ユニットを駆動し、制振対象物の振動の低減・抑制をする。そのために、直動制振ユニットにおける慣性負荷の動作範囲がその許容ストロークの範囲に対して十分に余裕のある範囲内に収まる制御力で対処できる振動は、比較的高い制御ゲインにより高い制振性能を確保し、慣性負荷がストロークオーバするような大きな振動が発生した場合には、慣性負

荷のストロークオーバーが発生しないように制御信号を抑制して、安定動作を確保するなどの制御動作が可能となる。つまり、慣性負荷の動作ストロークや質量などに対する制約が大きい場合においても、振動抑制効果と大振動入力時の安定動作を両立させ、制約条件下で最大限の制振性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動制振装置を一部斜視にて表わした構成図である。

【図 2】 図 1 の直動制振ユニットの構成を表わす図である。

【図 3】 図 2 の直動アクチュエータと慣性負荷の斜視図である。

【図 4】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動制振装置に適用される非線形関数の一例を示す図である。

【図 5】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動制振装置に適用される補償演算手段の一構成例を表わす図である。

【図 6】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動制振装置に適用される前向き補償演算手段の一構成例を表わす図である。

【図 7】 本発明の第 1 の実施形態に係る能動制振装置に適用される非線形関数と 1 次関数の関係を表わす図である。

【図 8】 本発明の第 2 の実施形態に係る能動制振装置を一部斜視にて表わした構成図である。

【図 9】 直動型能動制振装置に使用する鉛直方向のアクチュエータを例示する斜視図である。

【図 10】 直動型能動制振装置に使用する水平方向のアクチュエータを例示する斜視図である。

【図 11】 本発明に係る装置のシミュレーション結果をグラフとして示した図である。

【図 12】 本発明に係る能動制振装置を備える露光装置を用いた半導体デバイスの生産システムをある角度から見た概念図である。

【図 13】 本発明に係る能動制振装置を備える露光装置を用いた半導体デバイスの生産システムを別の角度から見た概念図である。

【図14】 ユーザインタフェースの具体例である。

【図15】 デバイスの製造プロセスのフローを説明する図である。

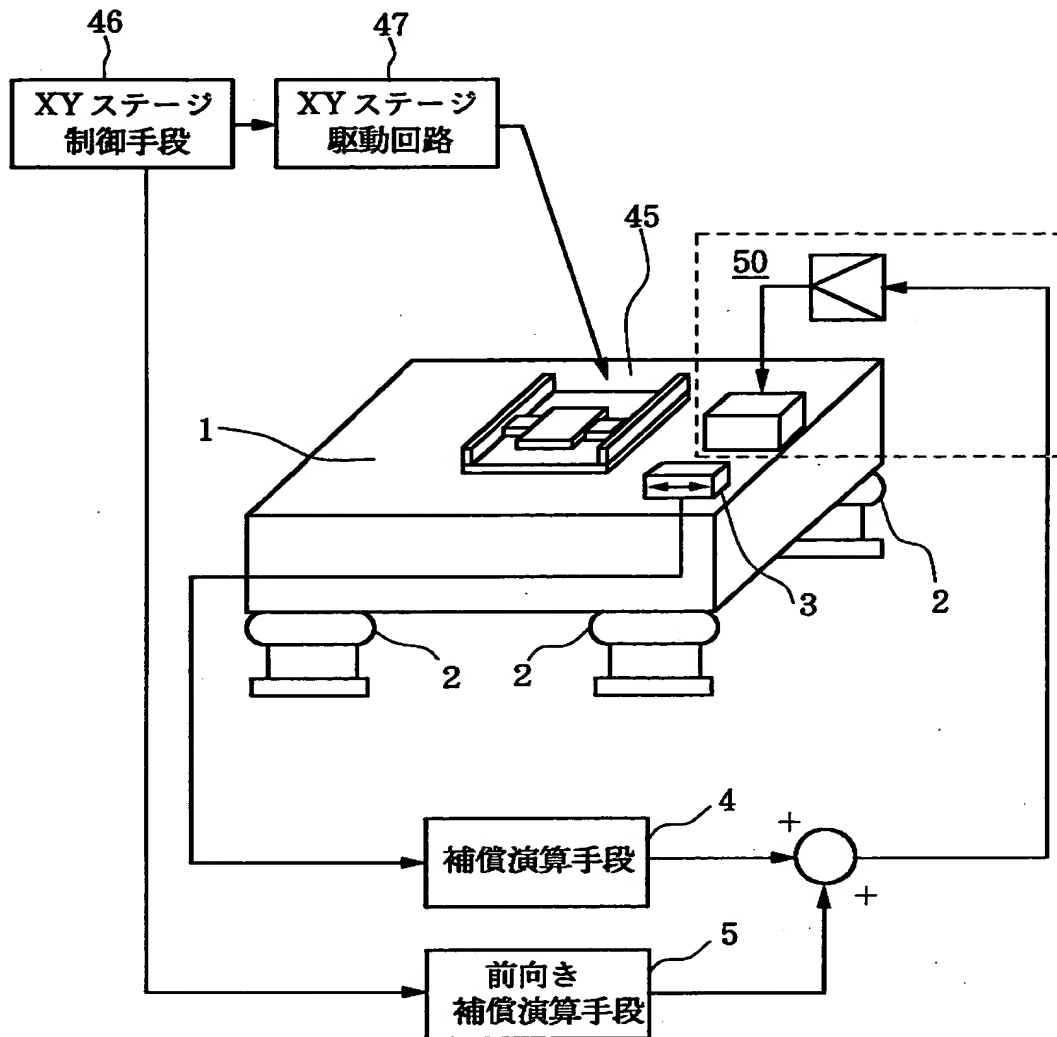
【図16】 ウエハプロセスを説明する図である。

【符号の説明】 1：除振台、2：支持機構、3：振動検出手段、4：補償演算手段、5：前向き補償演算手段、6：構造物、45：XYステージ、46：XYステージ制御手段、47：XYステージ駆動回路、50：直動制振ユニット、51：直動アクチュエータ、52：慣性負荷、53：ベース部材、54：ストップパ、55：駆動回路、101：ベンダの事業所、102，103，104：製造工場、105：インターネット、106：製造装置、107：工場のホスト管理システム、108：ベンダ側のホスト管理システム、109：ベンダ側のローカルエリアネットワーク（LAN）、110：操作端末コンピュータ、111：工場のローカルエリアネットワーク（LAN）、200：外部ネットワーク、201：製造装置ユーザの製造工場、202：露光装置、203：レジスト処理装置、204：成膜処理装置、205：工場のホスト管理システム、206：工場のローカルエリアネットワーク（LAN）、210：露光装置メーカー、211：露光装置メーカーの事業所のホスト管理システム、220：レジスト処理装置メーカー、221：レジスト処理装置メーカーの事業所のホスト管理システム、230：成膜装置メーカー、231：成膜装置メーカーの事業所のホスト管理システム、401：製造装置の機種、402：シリアルナンバー、403：トラブルの件名、404：発生日、405：緊急度、406：症状、407：対処法、408：経過、410，411，412：ハイパーリンク機能。

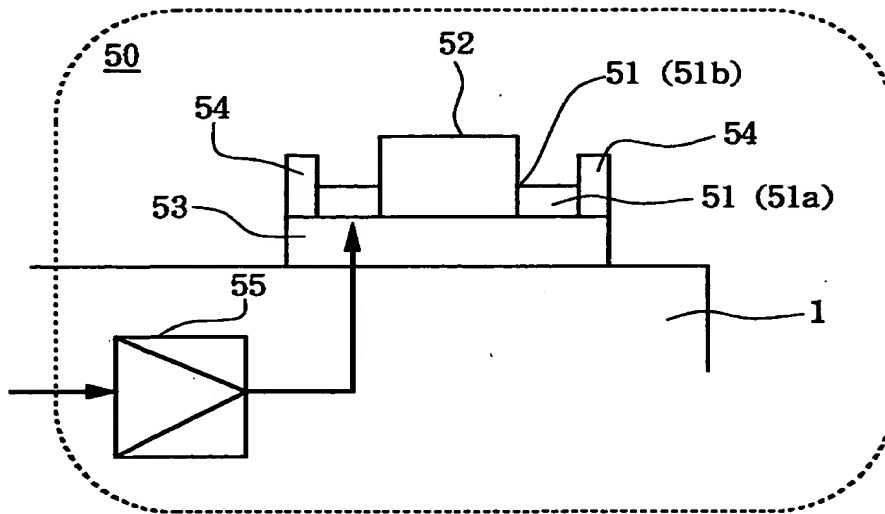
【書類名】

図面

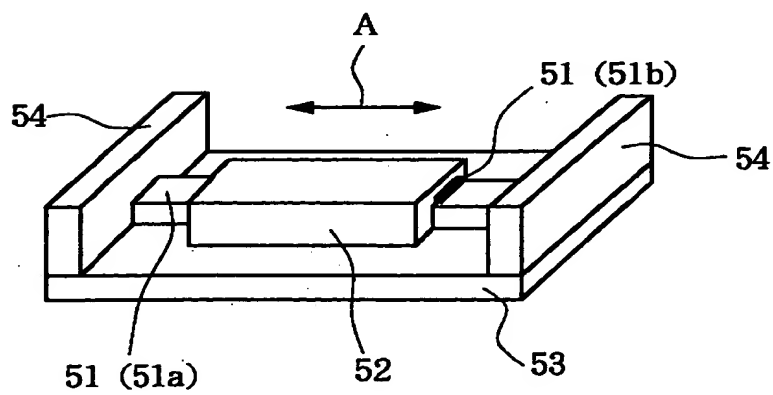
【図 1】



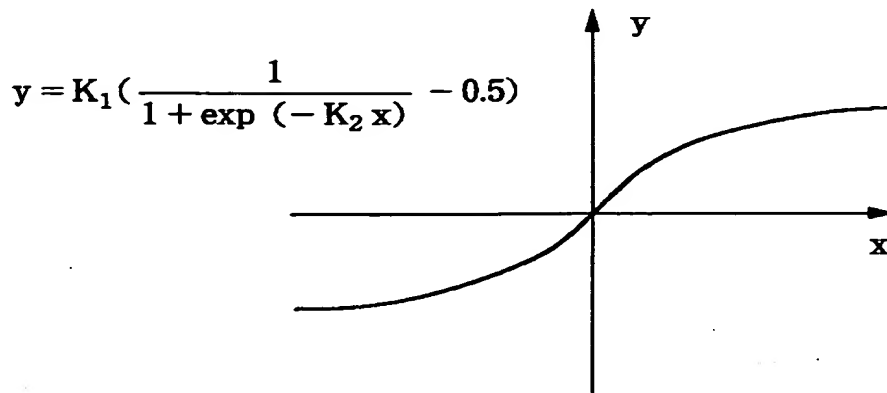
【図 2】



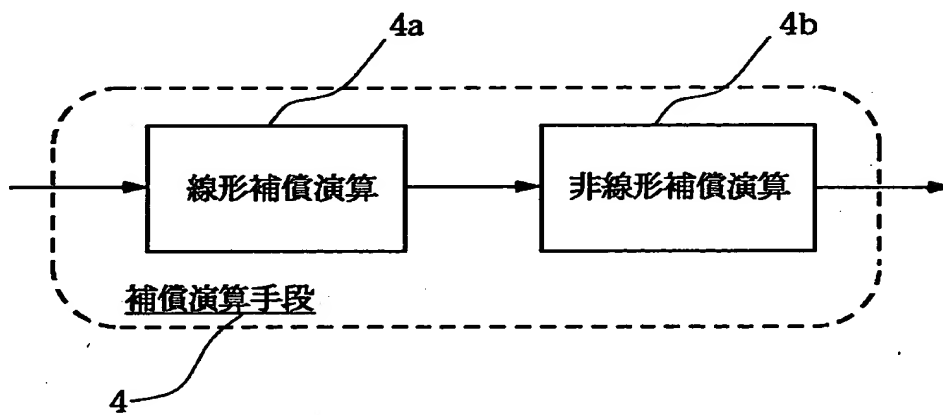
【図 3】



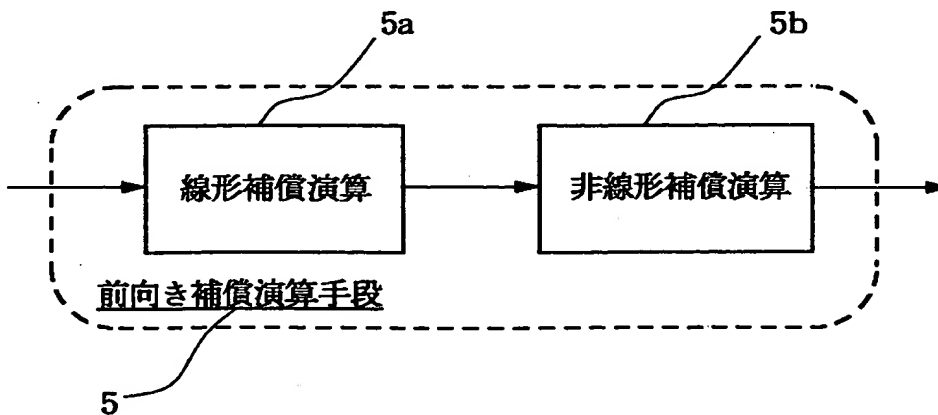
【図 4】



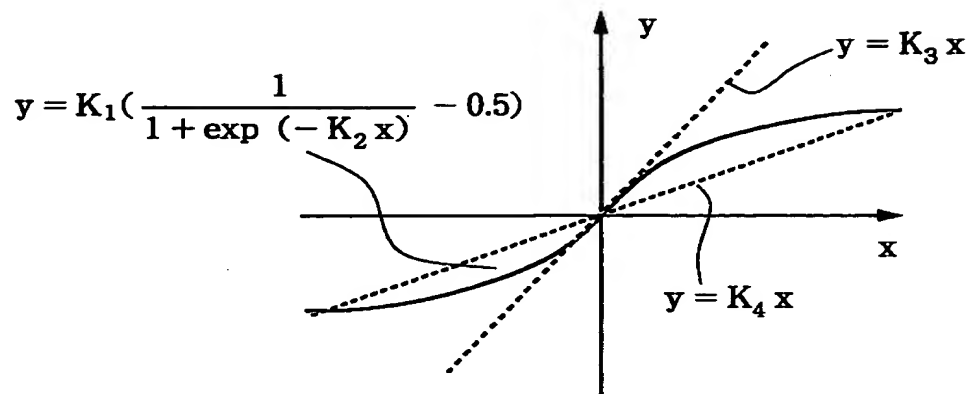
【図 5】



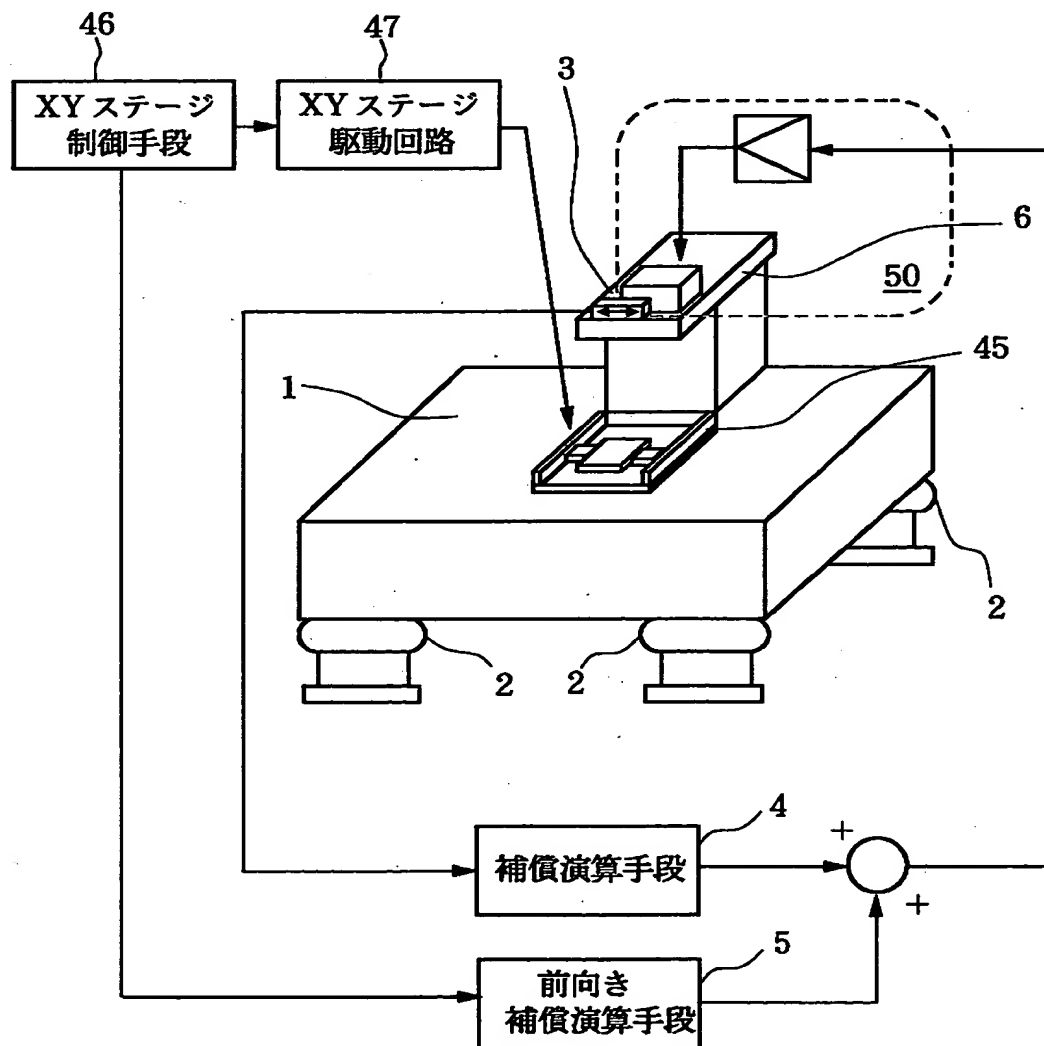
【図 6】



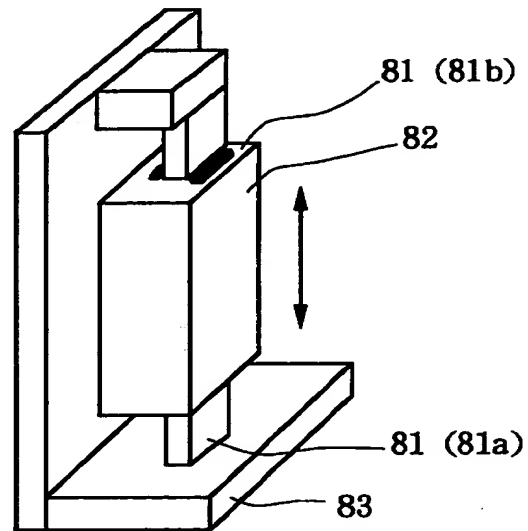
【図 7】



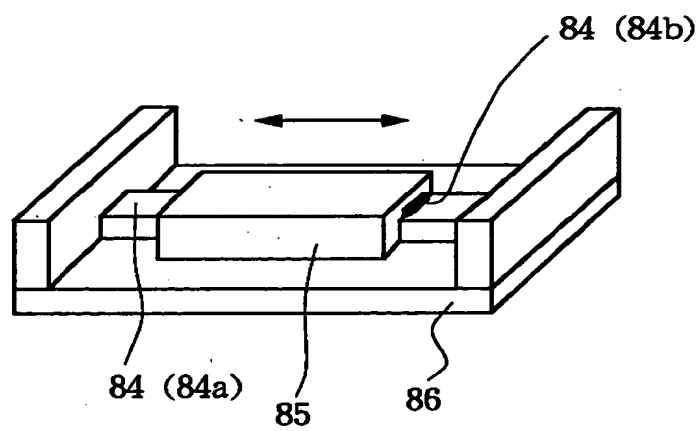
【図 8】



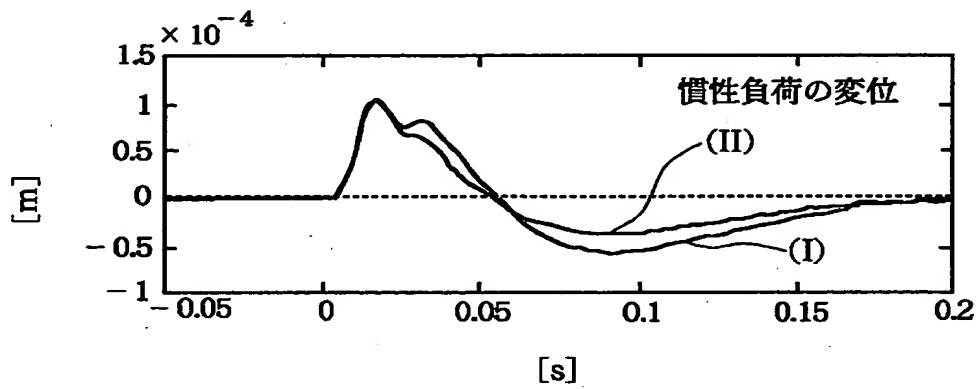
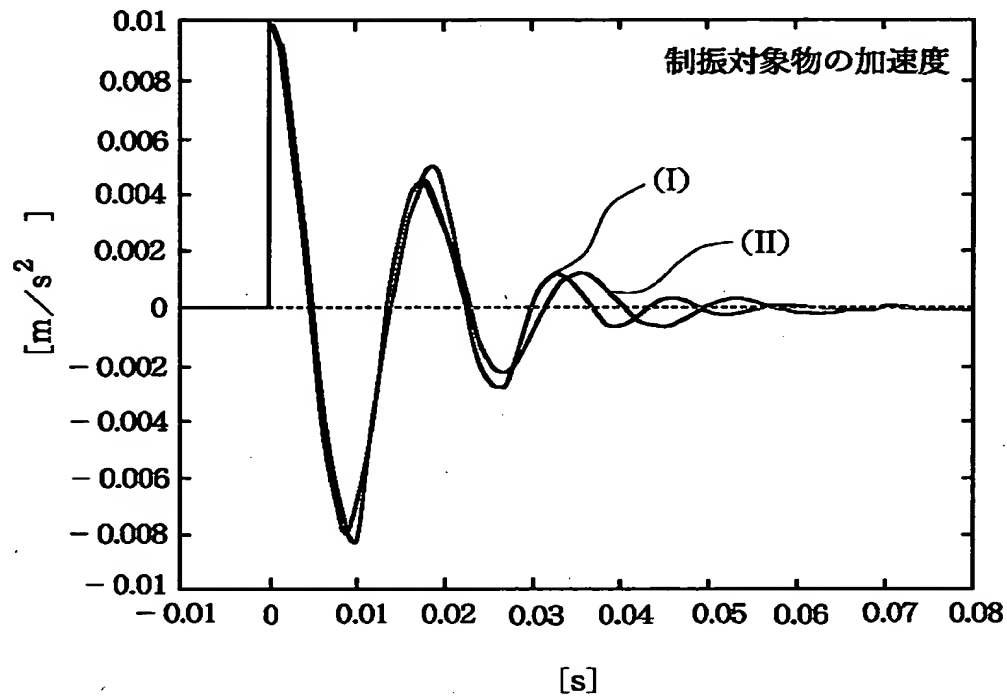
【図 9】



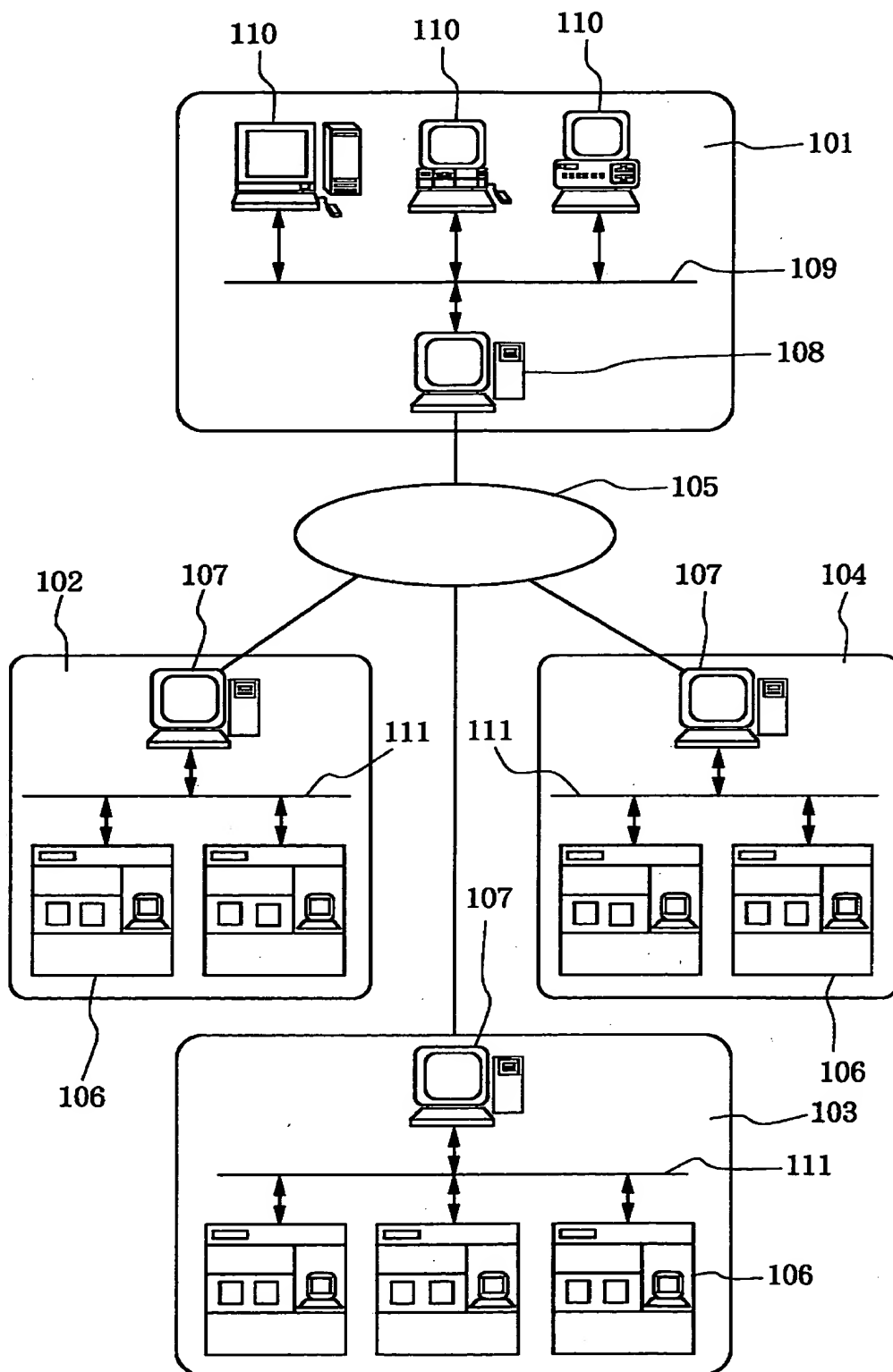
【図 1 0】



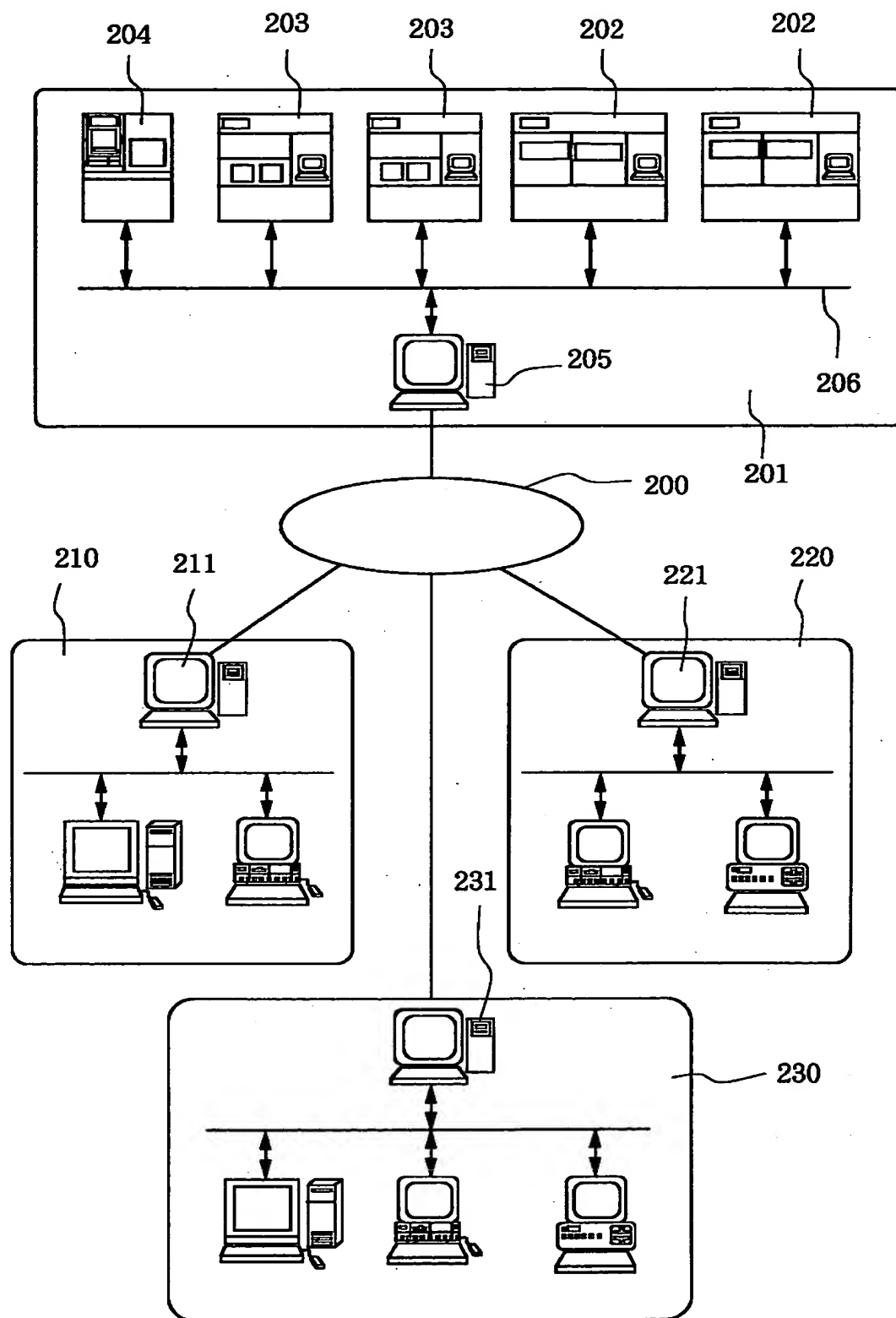
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

URL
http://www.maintain.co.jp/db/input.html

トラブルDB入力画面

発生日
2000/3/15
404

機種

401

件名
動作不良 (立上時エラー)
403

機器S/N
465NS4580001
402

緊急度
D
405

症状
電源投入後LEDが点滅し続ける
406

対処法
電源再投入 (起動時に赤ボタンを押下)
407

経過
暫定対処済み
408

送る

リセット

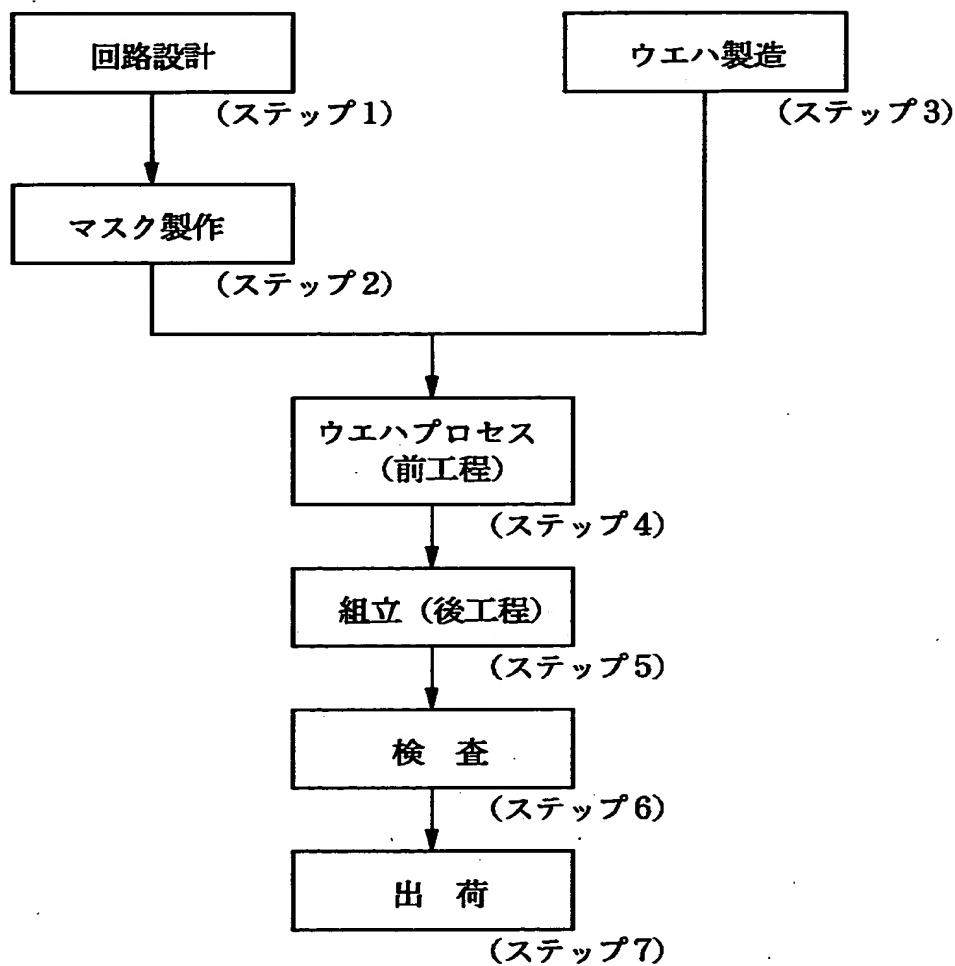
410

411

412

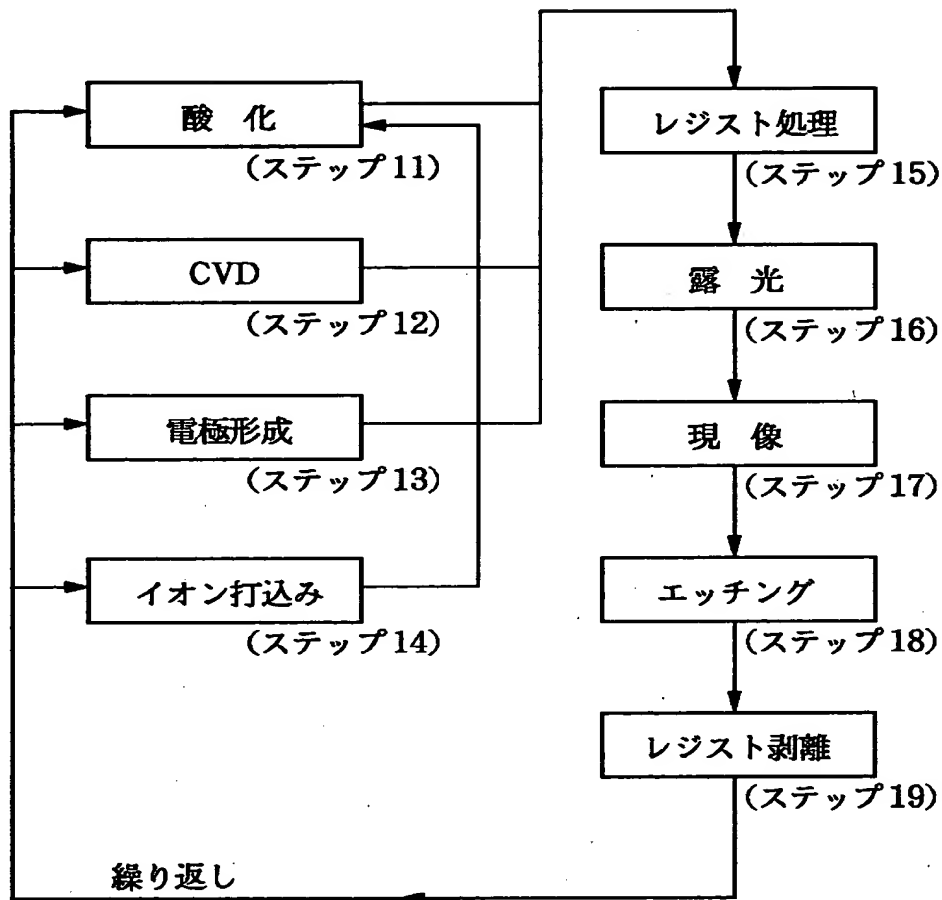
[結果一覧データベースへのリンク](#)
[ソフトウェアライブラリ](#)
[操作ガイド](#)

【図 1 5】



半導体デバイス製造フロー

【図 1 6】



ウエハプロセス

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精密機器において、除振台や、それに搭載される装置、構造物に発生する剛体振動、構造共振などの振動を、安定、かつ迅速に制振する。

【解決手段】 制振対象物である除振台 1 に固定された、直線方向に推力を発生するアクチュエータを用いて、慣性負荷を、除振台 1 に対して相対的に直線方向に駆動する際に発生する駆動反力により、除振台 1 に制御力を加える直動制振ユニット 5 0 を備え、振動検出手段 3 で検出された除振台 1 の振動に相当する信号、除振台 1 の加振源となる駆動手段を備えた機器の動作状態、またはその制御手段からの信号、の少なくとも一方に対して非線形演算を含む補償演算を施して得た信号に基き、該直動制振ユニット 5 0 を制御することで、除振台 1 の振動を低減・抑制する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社